

Rec'd PCT/PT 11 JAN 2005

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

PCT/JP03/03005

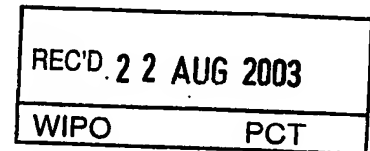
07.07.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2002年 7月12日

出願番号
Application Number: 特願2002-204734
[ST. 10/C]: [JP2002-204734]



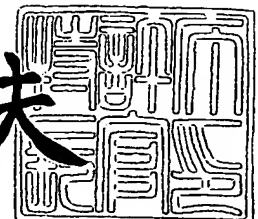
出願人
Applicant(s): 株式会社荏原製作所

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 8月 7日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願

【整理番号】 EB2900P

【提出日】 平成14年 7月12日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 F04D 29/38
F04D 29/66

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県藤沢市本藤沢4丁目2番1号 株式会社 荏原
総合研究所内

【氏名】 足原 浩介

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県藤沢市本藤沢4丁目2番1号 株式会社 荏原
総合研究所内

【氏名】 後藤 彰

【特許出願人】

【識別番号】 000000239

【氏名又は名称】 株式会社 荏原製作所

【代表者】 依田 正稔

【代理人】

【識別番号】 100091498

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡邊 勇

【選任した代理人】

【識別番号】 100092406

【弁理士】

【氏名又は名称】 堀田 信太郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100093942

【弁理士】

【氏名又は名称】 小杉 良二

【選任した代理人】

【識別番号】 100109896

【弁理士】

【氏名又は名称】 森 友宏

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 026996

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9112447

【包括委任状番号】 0018636

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 インデューサ及びインデューサ付ポンプ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 主羽根車の上流側に配置されるインデューサにおいて、翼前縁におけるチップからハブにかけての翼角度が、設計点流量における入口流れ角と略同一となるように形成されていることを特徴とするインデューサ。

【請求項 2】 翼前縁から翼後縁にかけての前記チップ上の翼角度分布は、スロート部の近傍から上流側において、前記スロート部の近傍から下流側に比べて前記翼前縁に向かって前記翼角度の減少率が大きくなっており、前記スロート部の近傍から無次元流れ方向距離 0.9 近傍までは、前記スロート部の近傍から上流側に比べて前記翼角度の変化率が小さくなっていることを特徴とする請求項 1 に記載のインデューサ。

【請求項 3】 翼前縁から翼後縁にかけての前記ハブ上の翼角度分布はスロート部の近傍で変曲点を有し、前記スロート部より上流側において前記翼角度の変化率が小さくなっており、前記スロート部より下流側において流れ方向に沿って前記翼角度の増加率が大きくなっていることを特徴とする請求項 2 に記載のインデューサ。

【請求項 4】 回転可能な主軸に取り付けられた主羽根車を備え、請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載のインデューサを軸心が前記主羽根車の軸心と一致するように該主羽根車の上流側に配置したことを特徴とするインデューサ付ポンプ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、インデューサ及びインデューサ付ポンプに係り、特にターボポンプ等のポンプにおいて吸込性能を向上させるために、軸心が主羽根車の軸心と一致するように該主羽根車の上流側に配置される軸流型又は斜流型のインデューサ及びインデューサ付ポンプに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来から、ポンプの吸込性能を向上させるため、主軸の先端部にインデューサを取り付ける場合がある。例えば、遠心型の主羽根車の上流側に配置されるインデューサは、斜流型又は軸流型であり、通常の羽根車に比べて翼の枚数が少なく、翼長さが長いという形状的特徴を持つ羽根車である。このインデューサは主羽根車の上流側に主羽根車と回転軸が同じになるように配置され、主軸によって主羽根車と同じ回転数で回転される。

【0003】

従来のインデューサの翼は、ヘリカル形状（らせん形状）に設計され、翼の断面形状においてチップとハブと軸中心とが一直線上に位置する。従来のインデューサの設計手法においては、チップに沿った翼角度のみを設計し、ハブに沿った翼角度はヘリカル条件によって決定される。従来のインデューサの翼前縁におけるチップ翼角度は、設計点流量における入口の流れの軸方向流入速度と翼の周方向速度とから計算される入口流れ角に対して所定の入射角を持つように設計される。この入射角は、通常、前縁の翼角度の35%から50%となるように設計される。そして、インデューサのチップの入口（前縁）から出口（後縁）にかけての翼角度は、インデューサに対して要求される揚程を満たすために、一定とするか、あるいはステップ状に増加、直線的に増加、二次曲線的に増加するように設計される。

【0004】

このような形状のインデューサを取り付けることによって、翼の入口上流の圧力が低下して局所的に液体の圧力が飽和蒸気圧以下になりキャビテーションが発生した場合でも、このキャビテーションによってスロート部以降の流路が閉塞されることが防止され、キャビテーションが発生しても液体を昇圧することができる。このため、インデューサを主羽根車の上流に配置することにより、遠心型の主羽根車単独の場合に比べてポンプの吸込性能を向上させることができ、ポンプの高速化及び小型化が可能になる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述したように、従来のインデューサにおいては、翼前縁におけるチップ翼角度が設計点流量における入口の流れに対して入射角を持ち、入口から出口にかけてのチップの翼角度の分布が一定又は増加する形状に設計されているため、インデューサの入口付近に負荷が集中し、入口逆流が生じやすい傾向がある。また、部分流量域でポンプを運転した場合には、インデューサの入口における入射角は大きくなるので、入口に発生する逆流の規模も大きくなる。キャビテーションが発生した状態で入口逆流が発生すると、キャビテーションが上流側の部材と干渉し、この部材がキャビテーションの衝撃圧によって損傷してしまう。

【0006】

また、入口逆流の内部でキャビテーションの発生と消滅が低い周波数で繰り返される現象が生じ、ポンプ全体に大きな振動が生じる。更に、液体水素用のポンプにおいては、吸込性能を向上させる作用を有する水素の熱力学的効果が入口逆流によって低減され、ポンプの吸込性能が低下してしまう。

【0007】

このような観点から、入口逆流の発生を抑えたインデューサの設計が実用上の重要課題になっている。従来から、吸込性能と要求揚程を満たすために、インデューサの翼角度や翼長さ、翼枚数、翼先端形状などを改良することは行われているものの、入口逆流を抑えるためにインデューサの翼形状を改良することは現在まで行われていない。したがって、要求された揚程と吸込性能とを満たしつつ、入口逆流の発生を抑えたインデューサは未だ開発されていないのが現状である。

【0008】

本発明は、このような従来技術の問題点に鑑みてなされたもので、要求された揚程と吸込性能とを満たしつつ、入口逆流の発生を抑えた信頼性の高いインデューサ及びインデューサ付ポンプを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

このような従来技術における問題点を解決するために、本発明の第1の態様は、主羽根車の上流側に配置されるインデューサにおいて、翼前縁におけるチップ

からハブにかけての翼角度が、設計点流量における入口流れ角と略同一となるように形成されていることを特徴とするインデューサである。

【0010】

このように、翼前縁における翼角度が入口流れ角と略同一となるようにすることで、設計点流量から部分流量にかけて流れの入射角が小さくなるので、入口逆流を効果的に抑制することが可能となる。

【0011】

本発明の好ましい一態様は、翼前縁から翼後縁にかけての上記チップ上の翼角度分布は、スロート部の近傍から上流側において、上記スロート部の近傍から下流側に比べて上記翼前縁に向かって上記翼角度の減少率が大きくなっており、上記スロート部の近傍から無次元流れ方向距離 0.9 近傍までは、上記スロート部の近傍から上流側に比べて上記翼角度の変化率が小さくなっていることを特徴としている。

【0012】

このように、スロート部より上流側において、スロート部の近傍から下流側に比べて翼前縁に向かって翼角度の減少率を大きくし、スロート部の近傍から無次元流れ方向距離 0.9 近傍までは、スロート部の近傍から上流側に比べて翼角度の変化率を小さくすることにより、負荷をチップに沿って全体に分布させながらも負圧面の大きな圧力低下部分をスロート部よりも上流にもってこることができる。したがって、キャビテーションの大半はインデューサの翼の負圧面の前半で生じるようになり、スロート部以降の流路が閉塞されにくくなり、十分な吸込性能を確保することができる。また、チップに沿って翼全体に負荷が分布することにより、十分な揚程を確保することができる。

【0013】

本発明の好ましい一態様は、翼前縁から翼後縁にかけての上記ハブ上の翼角度分布はスロート部の近傍で変曲点を有し、上記スロート部より上流側において上記翼角度の変化率が小さくなっており、上記スロート部より下流側において流れ方向に沿って上記翼角度の増加率が大きくなっていることを特徴としている。

【0014】

このように、スロート部より上流側においてハブに沿った流れ方向の翼角度の変化率を小さくし、スロート部より下流側においてハブに沿った流れ方向の翼角度の増加率を大きくすることにより、ハブに沿っても負荷を翼全体に分布させることができ、要求された揚程を確保することができる。

【0015】

本発明の第2の態様は、回転可能な主軸に取り付けられた主羽根車を備え、上記インデューサを軸心が上記主羽根車の軸心と一致するように該主羽根車の上流側に配置したことを特徴とするインデューサ付ポンプである。

【0016】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係るインデューサ及びインデューサ付ポンプの実施形態について図面を参照して詳細に説明する。図1は本発明の一実施形態におけるインデューサを備えたターボポンプの一部分を示す断面図、図2は図1に示すインデューサの斜視図である。図1に示すターボポンプは、回転可能な主軸1と、主軸1に取り付けられた主羽根車2と、主羽根車2の上流側に配置されるインデューサ3とを備えている。インデューサ3の軸心は主羽根車2の軸心と一致しており、インデューサ3は主軸1の回転に伴って主羽根車2と同一回転速度で回転するようになっている。

【0017】

ポンプの作動流体は、図1の矢印Fで示される方向からインデューサ3に流入する。インデューサ3に流入した作動流体は、インデューサ3内でキャビテーションを発生しながら昇圧され、更に下流の主羽根車2でポンプの要求揚程まで昇圧される。このとき、インデューサ3により、主羽根車2の中でキャビテーションが発生しない圧力まで作動流体が昇圧されるので、主羽根車2単独のときよりもポンプの吸込性能が向上する。

【0018】

ここで、本発明に係るインデューサ3は、以下のような形状的特徴を有するものである。

(1) 翼前縁31におけるチップT₁からハブH₁にかけての翼角度が、設計点

流量における入口流れ角と略同一となるように形成されている。

(2) 翼前縁(入口) 31 から翼後縁(出口) 32 にかけてのチップ T_1 上の翼角度分布は、スロート部の近傍から上流側において、スロート部の近傍から下流側に比べて翼前縁 31 に向かって翼角度の減少率が大きく、スロート部の近傍から無次元流れ方向距離 0.9 近傍までは、スロート部の近傍から上流側に比べて翼角度の変化率が小さくなっている。ここで、チップ T_1 上の翼角度(チップ翼角度)とは、図 3 (a) の β_{bt} で示される角度を意味する。

(3) 翼前縁(入口) 31 から翼後縁(出口) 32 にかけてのハブ H_1 上の翼角度分布はスロート部の近傍で変曲点を有し、スロート部より上流側において流れ方向に沿って翼角度の変化率が小さく、スロート部より下流側において翼角度の増加率が大きくなっている。ここで、ハブ H_1 上の翼角度(ハブ翼角度)とは、図 3 (b) の β_{bh} で示される角度を意味する。なお、図 3 (b) においては、インデューサの翼部分は点線で示されている。

【0019】

このような形状的特徴を有するインデューサと従来のインデューサとを以下の条件で実際に設計し、本発明に係るインデューサと従来のインデューサの作用を比較検討した。図 4 (a) は設計した本発明に係るインデューサ 3 の子午面断面図、図 4 (b) は斜視図、図 5 (a) は設計した従来のインデューサ 103 の子午面断面図、図 5 (b) は斜視図である。

【0020】

これらのインデューサ 3, 103 の設計において、設計点要項は、回転数 $N = 3600 \text{ min}^{-1}$ 、流量 $Q = 0.8 \text{ m}^3/\text{min}$ 、揚程 $H = 2 \text{ m}$ とし、従来のインデューサ 103 と本発明に係るインデューサ 3 とで要項を同じに設定した。各インデューサ 3, 103 の子午面形状は完全軸流タイプとなっており、図 4 (a) 及び図 5 (a) に示す子午面断面図において翼前縁 31, 131 及び翼後縁 32, 132 は流れ方向 F に直角な直線となっている。

【0021】

いずれのインデューサ 3, 103 についても、チップ T_1 , T_0 の直径 $D_t = 89 \text{ mm}$ 、ハブ H_1 , H_0 の直径 $D_h = 30 \text{ mm}$ とした。また、従来のインデュー

ーサ103の子午面における軸方向の翼長さ $L_0 = 50\text{ mm}$ 、本発明に係るインデューサ3の子午面における軸方向の翼長さ $L_1 = 35\text{ mm}$ とした。なお、チップに沿った実際の翼長さは、従来のインデューサ103と本発明に係るインデューサ3とで同一とした。

【0022】

従来のインデューサ103は、翼前縁131から翼後縁132までを同一の翼角度とした平板ヘリカルインデューサであり、チップ T_0 における翼角度は、入射角が翼前縁131の翼角度の35%になるように設計した。一方、本発明に係るインデューサ3は、チップ T_1 からハブ H_1 にかけての翼前縁31の翼角度が、設計点流量における入口流れ角と略同一となるように設計した。

【0023】

ここで、設計点流量での軸方向速度 V_x は、インデューサの子午面形状と要項から以下の式で求められる。

【0024】

【数1】

$$V_x = \frac{Q/60}{\frac{\pi}{4}(D_i^2 - D_h^2)} = \frac{0.8/60}{\frac{3.141592}{4}(0.089^2 - 0.030^2)} = 2.42[m/s]$$

【0025】

チップにおける周方向回転速度 $V_{\theta-t}$ は以下の式により求められる。

【0026】

【数2】

$$V_{\theta-t} = \frac{\pi D_t N}{60} = \frac{3.141592 \times 0.089 \times 3000}{60} = 13.98[m/s]$$

【0027】

チップにおける入口流れ角 β_{1-t} は以下の式により求められる。

【0028】

【数 3】

$$\beta_{1-t} = \tan^{-1}(V_x/V_{\theta-t}) = \tan^{-1}(2.42/13.98) = 9.82[\text{deg}]$$

【0 0 2 9】

本発明に係るインデューサ 3 は、チップ T₁ における翼前縁 3 1 の翼角度が、この設計点流量における入口流れ角 β_{1-t} と略同一となるように形成されている。一方、従来のインデューサについては、上記入口流れ角 β_{1-t} がチップ翼角度 β_{b0-t} の 35% となるようにチップ翼角度 β_{b0-t} が設計される。すなわち、従来のインデューサにおけるチップ翼角度 β_{b0-t} は以下の式により求められる。

【0 0 3 0】

【数 4】

$$\beta_{b0-t} = \beta_{1-t} / (1 - 0.65) = 9.82 / 0.35 \approx 15[\text{deg}]$$

【0 0 3 1】

また、従来のインデューサにおけるハブ翼角度 β_{b0-h} は、ヘリカル条件から以下の式により求められる。

【0 0 3 2】

【数 5】

$$\beta_{b0-h} = \tan^{-1}\left(\frac{D_t}{D_h} \cdot \tan \beta_{b0-t}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{0.089}{0.030} \cdot \tan 15\right) = 38.5[\text{deg}]$$

【0 0 3 3】

図 6 (a) は、本発明に係るインデューサ及び従来のインデューサの翼前縁から翼後縁にかけてのそれぞれのチップ翼角度分布を示すグラフであり、図 6 (b) はそれぞれのハブ翼角度分布を示すグラフである。

【0 0 3 4】

図 6 (a) 及び図 6 (b) に示すように、本発明に係るインデューサは、翼前縁（入口）から翼後縁（出口）まで翼角度が連続的に変化し、チップとハブの翼角度は異なる変化をする三次元的な翼面形状を有している。翼前縁の翼角度が設

計点流量における入口流れ角と略同一となり、かつ要求された要項を満たすインデューサの三次元翼面形状を設計するには、三次元逆解法を用いることが好ましい。この三次元逆解法は1991年にUCL (University College London) のDr. Zangeneh氏が提唱した手法であり、翼面の負荷分布を規定して、その負荷分布を満たす翼面形状を数値計算により決定する設計手法である。この三次元逆解法の理論の詳細は公知文献 (Zangeneh, M., 1991, "A Compressible Three Dimensional Blade Design Method for Radial and Mixed Flow Turbo-machinery Blades", Int. J. Numerical Methods in Fluids, Vol.13, pp. 599-624) に記載されている。

【0035】

本発明に係るインデューサは、この三次元逆解法により設計した。三次元逆解法において、従来のインデューサと要項が同じになるように全体の負荷を入力し、また、チップとハブの翼前縁での負荷が0となるように負荷分布を入力し、更に、全体的に前方で負荷が集中するような前半負荷分布を入力した。このような三次元逆解法による設計の結果、本発明に係るインデューサは、翼前縁におけるチップからハブにかけての翼角度が、設計点流量における入口流れ角と略同一となるように設計され、流れの入射角が 0° となる。この翼前縁における翼角度が入口流れ角と略同一となる形状的特徴により、設計点流量から部分流量にかけて流れの入射角が小さくなるので、入口逆流を効果的に抑制することが可能となる。

【0036】

また、本発明に係るインデューサの翼前縁から翼後縁にかけてのチップ上の翼角度分布は、図6 (a) に示すように、スロート部の近傍から上流側において、スロート部の近傍から下流側に比べて翼前縁に向かって翼角度の減少率が大きく、スロート部の近傍から無次元流れ方向距離0.9近傍までは、スロート部の近傍から上流側に比べて翼角度の変化率が小さくなっている。このように、スロート部より上流側において、スロート部の近傍から下流側に比べて翼前縁に向かって翼角度の減少率を大きくし、スロート部の近傍から無次元流れ方向距離0.9近傍までは、スロート部の近傍から上流側に比べて翼角度の変化率を小さくする

ことにより、負荷をチップに沿って全体に分布させながらも負圧面の大きな圧力低下部分をスロート部よりも上流にもってこることができる。したがって、キャビテーションの大半はインデューサの翼の負圧面の前半で生じるようになり、スロート部以降の流路が閉塞されにくくなり、十分な吸込性能を確保することができる。また、チップに沿って翼全体に負荷が分布することにより、十分な揚程を確保することができる。

【0037】

また、本発明に係るインデューサの翼前縁から翼後縁にかけてのハブ上の翼角度分布は、図6(b)に示すように、スロート部の近傍で変曲点を有し、スロート部の近傍から上流側において、スロート部の近傍から下流側に比べて流れ方向に沿ってハブ翼角度の変化率が小さく、スロート部の近傍から下流側において、スロート部の近傍から上流側に比べてハブ翼角度の増加率が大きくなっている。このように、スロート部より上流側においてハブに沿った流れ方向の翼角度の変化率を小さくし、スロート部より下流側においてハブに沿った流れ方向の翼角度の増加率を大きくすることにより、ハブに沿っても負荷を翼全体に分布させることができ、要求された揚程を確保することができる。

【0038】

上述した本発明に係るインデューサ及び従来のインデューサについて、コンピュータ流れ解析によってインデューサまわりの流れ場を解析した。以下、これらの解析結果について説明する。

【0039】

図7(a)は、インデューサの翼前縁から5mm上流側の位置における設計点流量の75%の流量のときのハブとチップ間の周方向速度分布を示すものであり、図7(b)は軸方向速度分布を示すものである。

【0040】

図7(a)に示すように、従来のインデューサでは、入口逆流が発生するため、この入口逆流の影響を受けてチップ側の周方向速度が大きくなっている。また、図7(b)に示すように、従来のインデューサでは軸方向速度もチップ付近で負の値となっており、上流へ向かう流れが生じる領域が生じている。

【0041】

これに対して、本発明に係るインデューサでは、翼前縁におけるチップからハブにかけての翼角度が、設計点流量における入口流れ角と略同一となるように形成されているので、入口逆流が発生しにくくなっており、設計点流量の75%の流量であっても、従来のインデューサのような入口逆流を示す速度分布は現れていない（図7（a）及び図7（b）参照）。

【0042】

図8（a）は、従来のインデューサについて、設計点流量におけるチップに沿った翼面（圧力面及び負圧面）の静圧分布を示すものであり、図8（b）は、本発明に係るインデューサについて、設計点流量におけるチップに沿った翼面（圧力面及び負圧面）の静圧分布を示すものである。ここで、圧力面は下流側の翼面であり、負圧面は上流側の翼面である。

【0043】

上述したように、従来のインデューサのチップ翼角度と入口流れ角度との間には入射角があるため、図8（a）に示すように、負圧面の静圧は翼前縁（入口）で大きく低下し、圧力面の静圧と大きく異なっている。従来のインデューサは、このような圧力分布を有していることから、翼前縁（入口）の圧力が低下したとき、翼前縁の近傍で強いキャビテーションが発生するが、スロート部以降の流路は閉塞されないと予測できる。

【0044】

本発明に係るインデューサでは、図8（b）に示すように、翼前縁（入口）における負圧面の静圧の低下は小さく、スロート部までには翼前縁の静圧のレベルまで回復している。本発明に係るインデューサは、このような圧力分布を有していることから、翼前縁（入口）の圧力が低下したとき、スロート部より上流の翼面に弱いキャビテーションが発生するが、スロート部以降の流路は閉塞されることがなく、従来のインデューサと同等の吸込性能を発揮できると予測できる。

【0045】

また、従来のインデューサにおいては、翼面の負荷（圧力面と負圧面の静圧差）は翼前縁（入口）付近に集中し、下流側ではほとんど負荷がない状態になって

いる（図 8（a）参照）。これに対して、本発明に係るインデューサにおける翼面の負荷は翼前縁（入口）から翼後縁（出口）まで全体に分布している（図 8（b）参照）。このことから、本発明に係るインデューサは従来のインデューサに比べてチップ翼角度が全体的に小さくなっている（図 6（a）参照）にもかかわらず、従来のインデューサと同等の揚程を発揮できると予測できる。

【0046】

上述したような従来のインデューサ及び本発明に係るインデューサを実際に製作し、試験装置において、インデューサの翼前縁から 5 mm 上流側の位置で 3 孔ピトー管を用いてハブとチップ間の周方向速度分布と軸方向速度分布とを測定した。図 9（a）は、設計点流量の 75 % の流量のときの周方向速度分布を示すものであり、図 9（b）は軸方向速度分布を示すものである。

【0047】

図 9（a）及び図 9（b）に示すように、従来のインデューサでは、入口逆流が発生するため、この入口逆流の影響を受けてチップ側の周方向速度が大きくなり、また、軸方向速度もチップ付近で負の値となっており、上流へ向かう流れが生じる領域が生じることが確認された。これに対して、本発明に係るインデューサでは、設計点流量の 75 % の流量であっても、従来のインデューサのような入口逆流を示す速度分布は確認されなかった。これらの結果から、本発明に係るインデューサは、従来のインデューサに比べて入口逆流が抑制されていることがわかる。

【0048】

図 10 は、設計点流量の 75 % の流量における吸込性能の測定結果である。図 10 において、横軸は翼前縁（入口）における圧力レベルを無次元化したキャビテーション係数を示し、縦軸はインデューサの揚程を無次元化した揚程係数を示している。このグラフは、翼前縁（入口）の圧力レベルを低下させていったときのインデューサの揚程の変化を示すものである。キャビテーション係数が小さくなると、インデューサの内部にキャビテーションが発達し、図 10 に示すように揚程が低下する。図 10 に示すグラフにおいて、より低いキャビテーション係数まで揚程係数の低下が起きないほど、ポンプの吸込性能が高いことを表している

。

【0049】

図10に示すように、本発明に係るインデューサは、キャビテーション係数が高いときの揚程は従来のインデューサとほとんど同じであり、揚程が急に低下するキャビテーション係数も従来のインデューサとほとんど同じである。この測定結果から、本発明に係るインデューサは、従来のインデューサと同等の揚程及び吸込性能を有していることがわかる。

【0050】

図11(a)及び図11(b)は、設計点流量の75%の流量、キャビテーション係数0.08のときの翼前縁より上流側のキャビテーション発生状態を示す図であり、図11(a)は従来のインデューサ、図11(b)は本発明に係るインデューサをそれぞれ示している。

【0051】

図11(a)に示すように、従来のインデューサでは、翼前縁(入口)131付近に強いキャビテーション140が発達し、かつ入口逆流によって翼前縁131より上流側にキャビテーション140が存在している。これに対して、本発明に係るインデューサでは、従来のインデューサよりも弱いキャビテーション40が翼前縁(入口)31からスロート部にかけての翼面上に発達するが、翼前縁31より上流側には入口逆流によるキャビテーションはほとんど存在しない。このように、本発明に係るインデューサは、従来のインデューサに比べて入口逆流を抑制する作用を有しており、かつスロート部以降の流路がキャビテーションによって閉塞されることもなく、従来のインデューサと同等の吸込性能を発揮することができる。

【0052】

これまで本発明の一実施形態について説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されず、その技術的思想の範囲内において種々異なる形態にて実施されてよいことは言うまでもない。

【0053】

【発明の効果】

上述したように、本発明のインデューサによれば、入口に発生する逆流が抑制され、かつキャビテーションがスロート部より上流に発達し流路を閉塞しにくいので高い吸込性能を維持することができる。また、翼面全体に負荷が分布するため、高い揚程を確保することができる。この結果、本発明のインデューサを遠心型の主羽根車の上流に配置した構成のポンプでは、従来技術では入口逆流により生じていた上流側部材の損傷や振動、吸込性能の低下といった問題が抑制され、ポンプとして高い信頼性を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施形態におけるインデューサを備えたターボポンプの一部分を示す断面図である。

【図 2】

図 1 に示すインデューサの斜視図である。

【図 3】

図 3 (a) は本発明に係るインデューサのチップ翼角度を示す外観図、図 3 (b) はハブ翼角度を示す外観図である。

【図 4】

図 4 (a) は本発明に係るインデューサの子午面断面図、図 4 (b) は図 4 (a) に示すインデューサの斜視図である。

【図 5】

図 5 (a) は従来のインデューサの子午面断面図、図 5 (b) は図 5 (a) に示すインデューサの斜視図である。

【図 6】

図 6 (a) は、本発明に係るインデューサ及び従来のインデューサの翼前縁から翼後縁にかけてのそれぞれのチップ翼角度分布を示すグラフ、図 6 (b) はそれぞれのハブ翼角度分布を示すグラフである。

【図 7】

図 7 (a) は、本発明に係るインデューサ及び従来のインデューサに関して、インデューサの翼前縁から 5 mm 上流側の位置における設計点流量の 75% の流

量のときのハブとチップ間の周方向速度分布を示すグラフ、図 7 (b) は軸方向速度分布を示すグラフである。

【図 8】

図 8 (a) 及び図 8 (b) は設計点流量におけるチップに沿った翼面の静圧分布を示すグラフであり、図 8 (a) は従来のインデューサの静圧分布を示し、図 8 (b) は本発明に係るインデューサの静圧分布を示す。

【図 9】

図 9 (a) は、本発明に係るインデューサ及び従来のインデューサに関して、設計点流量の 75 % の流量のときの周方向速度分布を測定した結果を示すグラフ、図 9 (b) は軸方向速度分布を測定した結果を示すグラフである。

【図 10】

本発明に係るインデューサ及び従来のインデューサについて、設計点流量の 75 % の流量における吸込性能を測定した結果を示すグラフである。

【図 11】

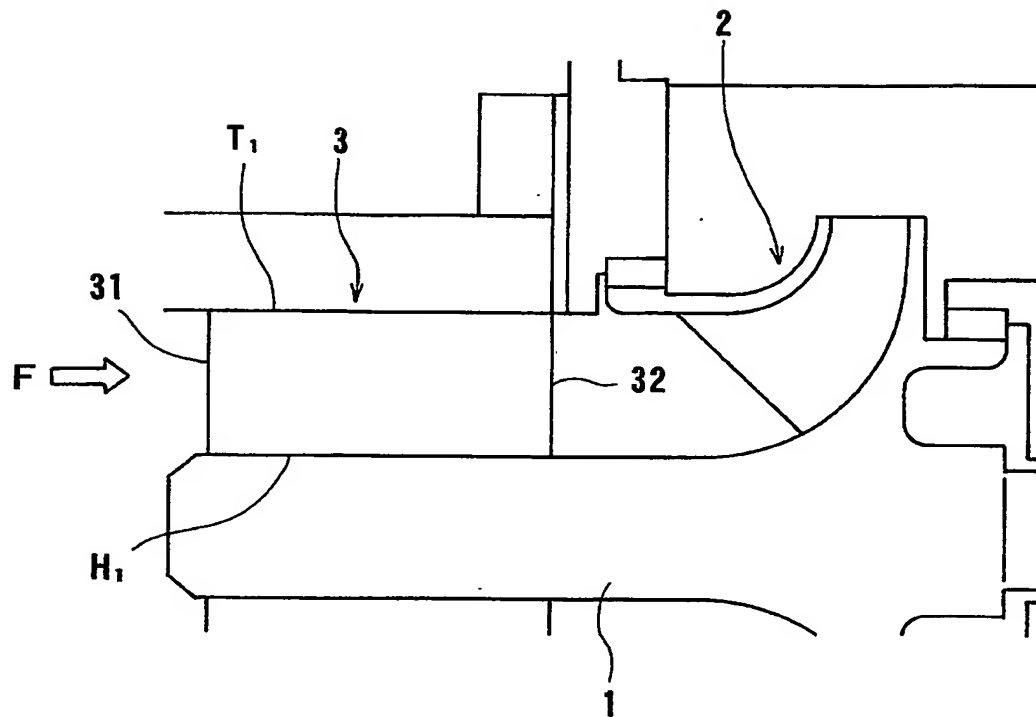
図 11 (a) 及び図 11 (b) は設計点流量の 75 % の流量、キャビテーション係数 0.08 のときの翼前縁より上流側のキャビテーション発生状態を示す模式図であり、図 11 (a) は従来のインデューサを示し、図 11 (b) は本願発明に係るインデューサを示す。

【符号の説明】

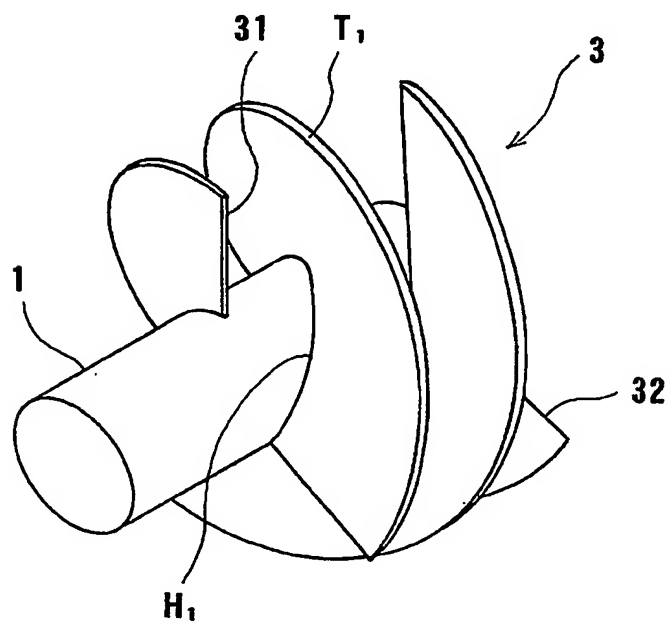
- 1 主軸
- 2 主羽根車
- 3 インデューサ
- 31 翼前縁
- 32 翼後縁
- H1 ハブ
- T1 チップ

【書類名】 図面

【図 1】

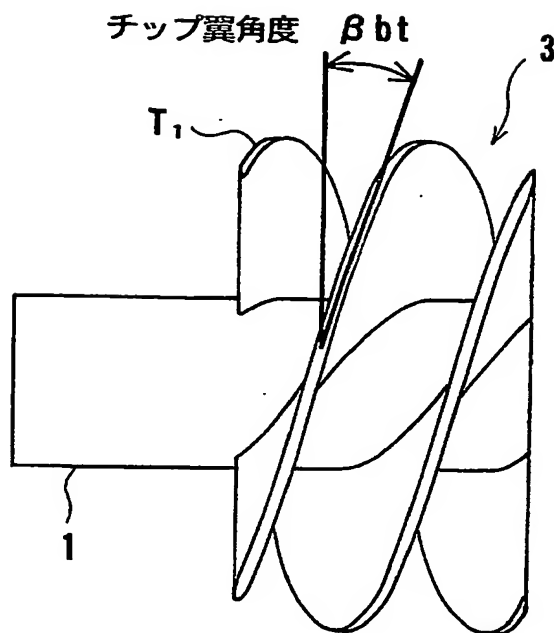


【図 2】

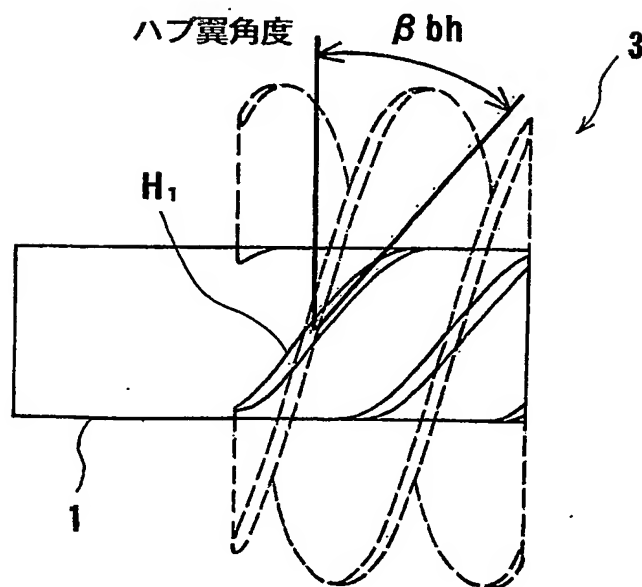


【図3】

(a)

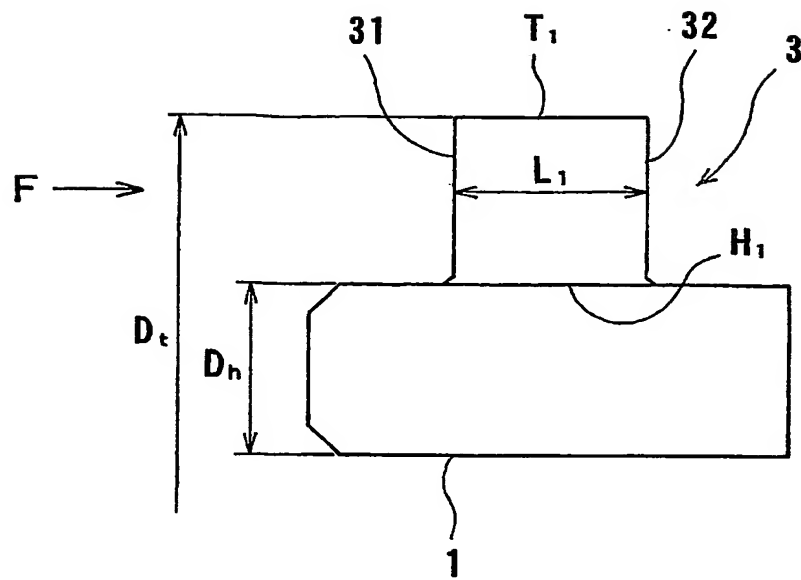


(b)

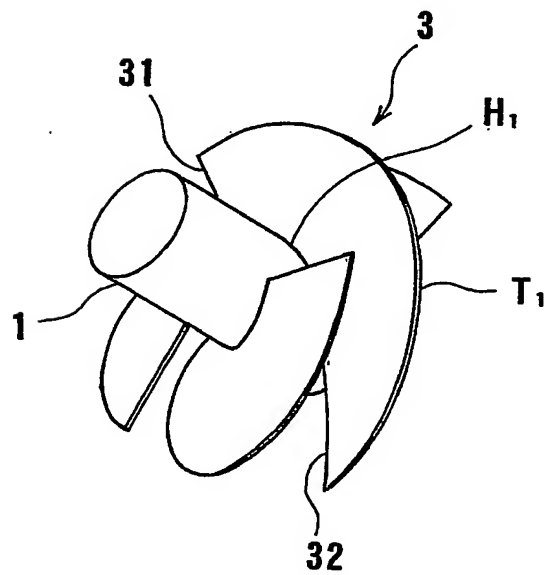


【図4】

(a)

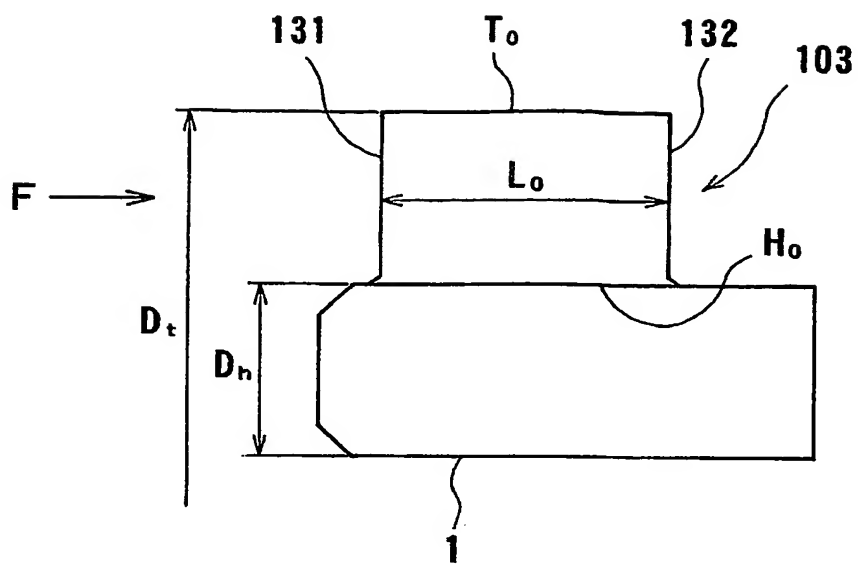


(b)

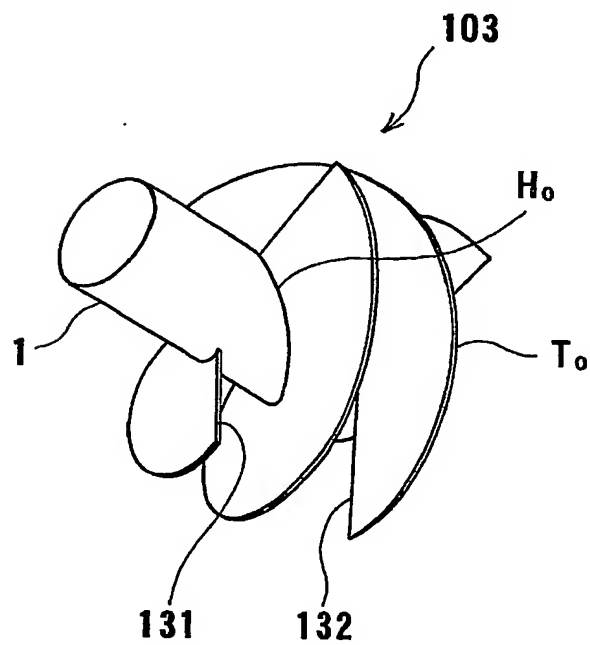


【図 5】

(a)

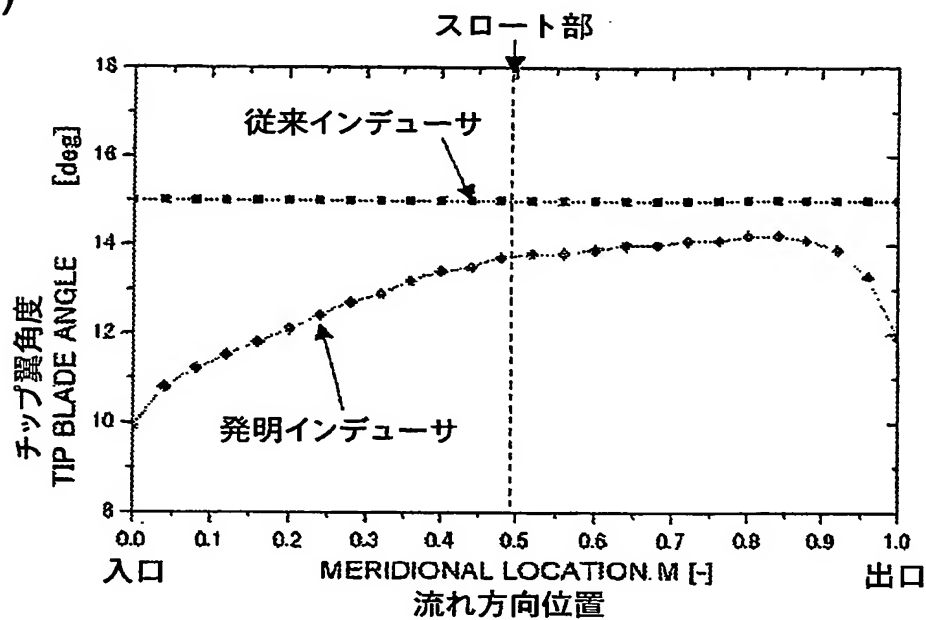


(b)

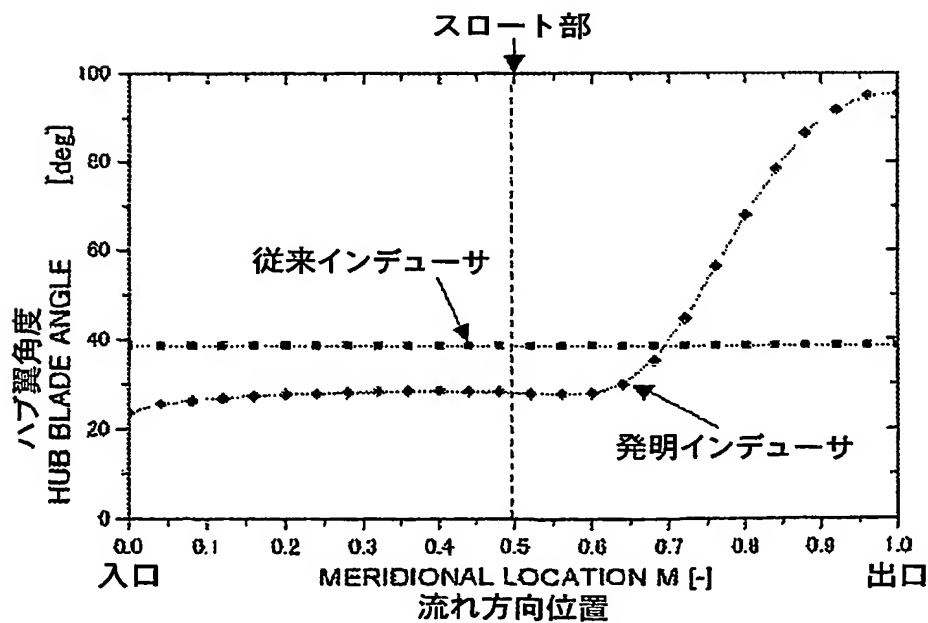


【図6】

(a)

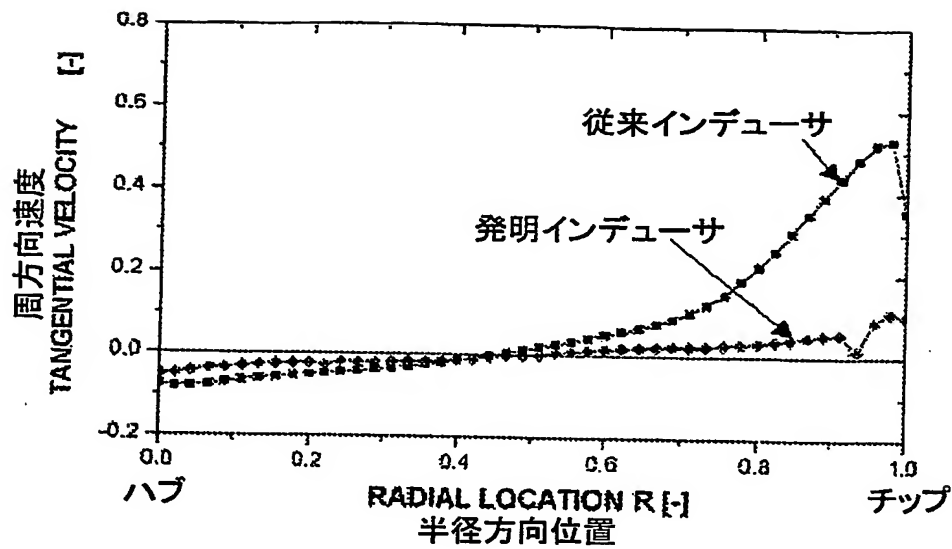


(b)

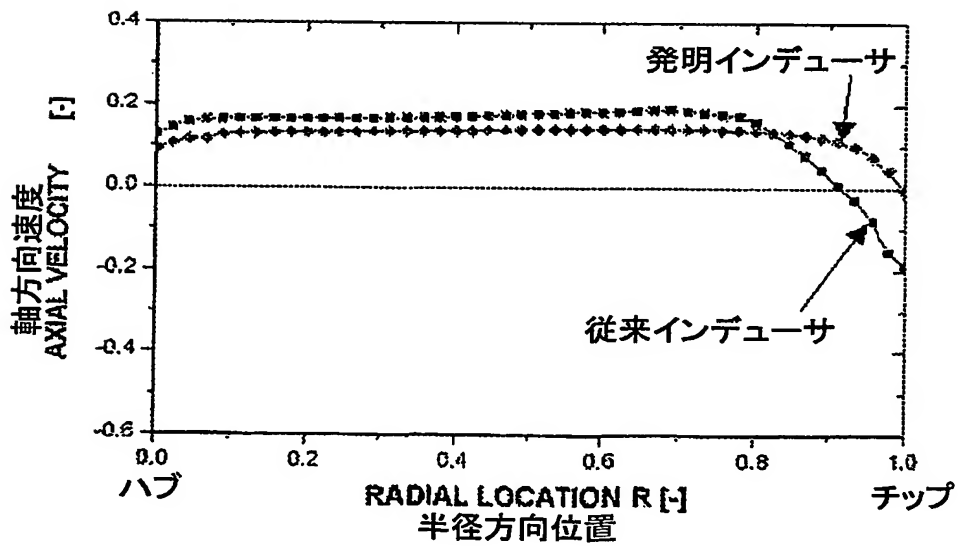


【図 7】

(a)

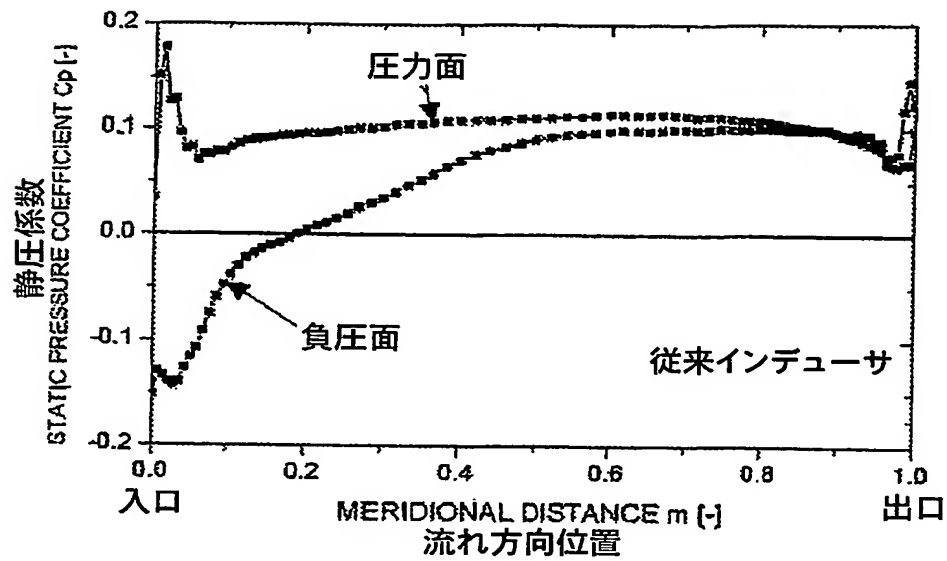


(b)

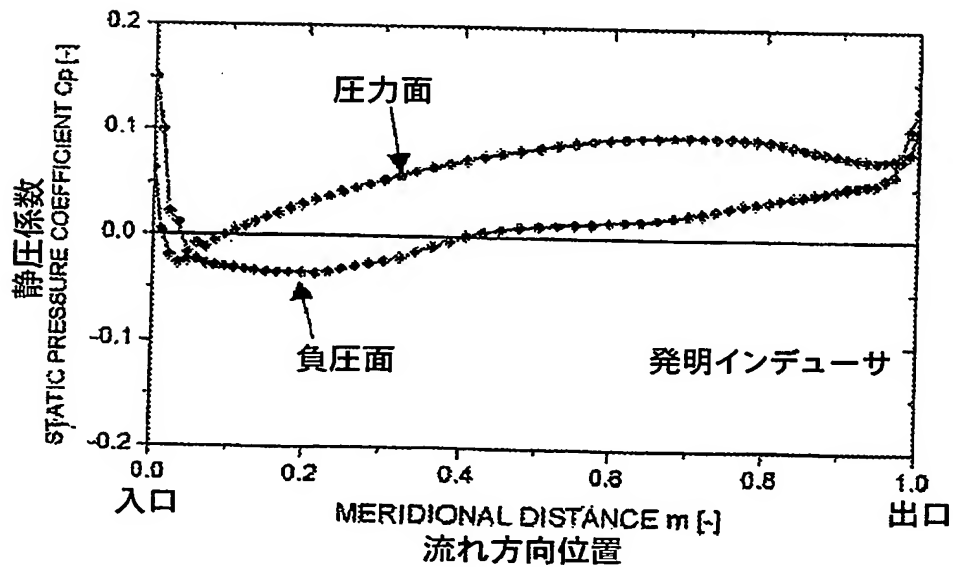


【図 8】

(a)

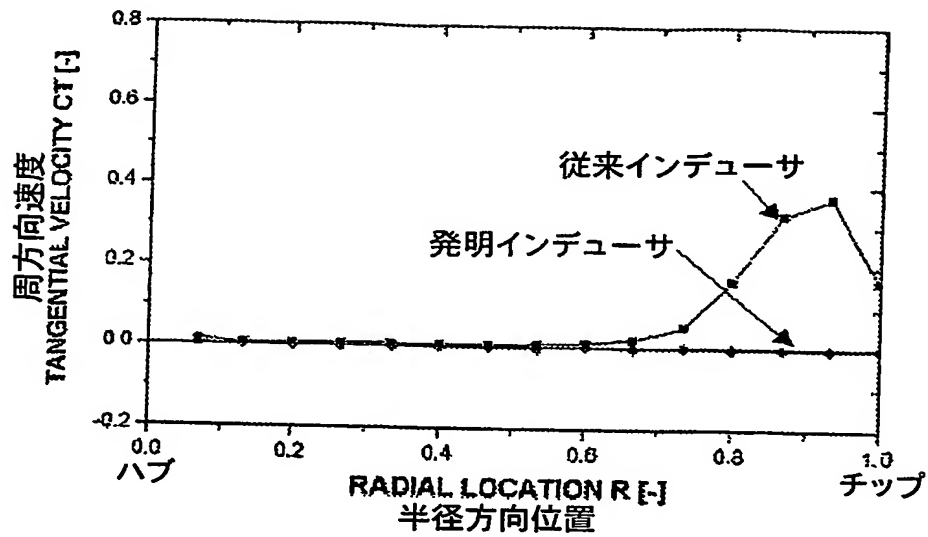


(b)

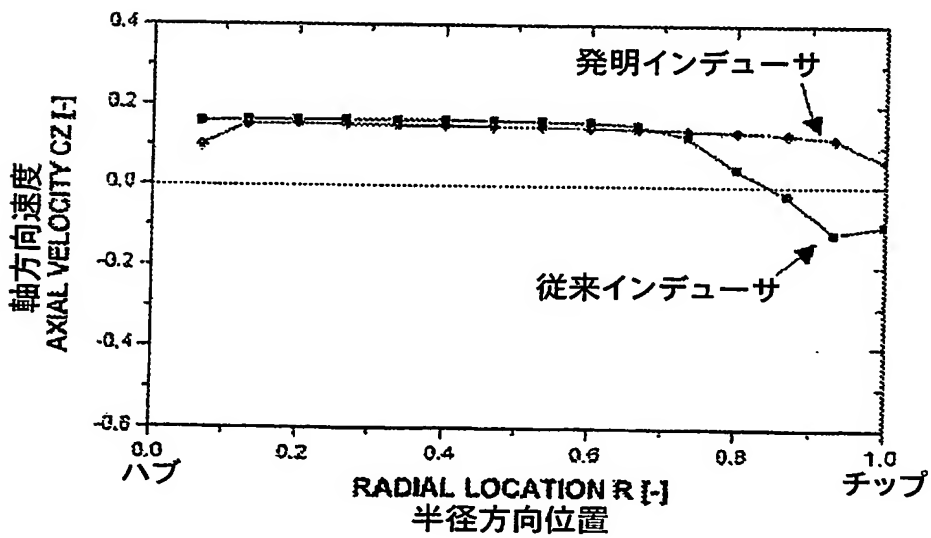


【図9】

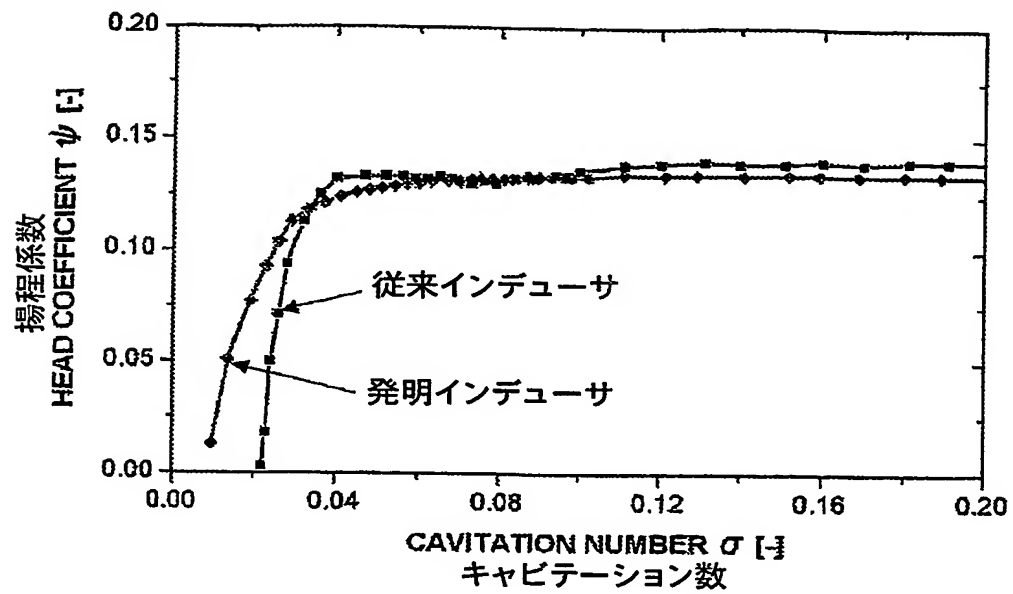
(a)



(b)

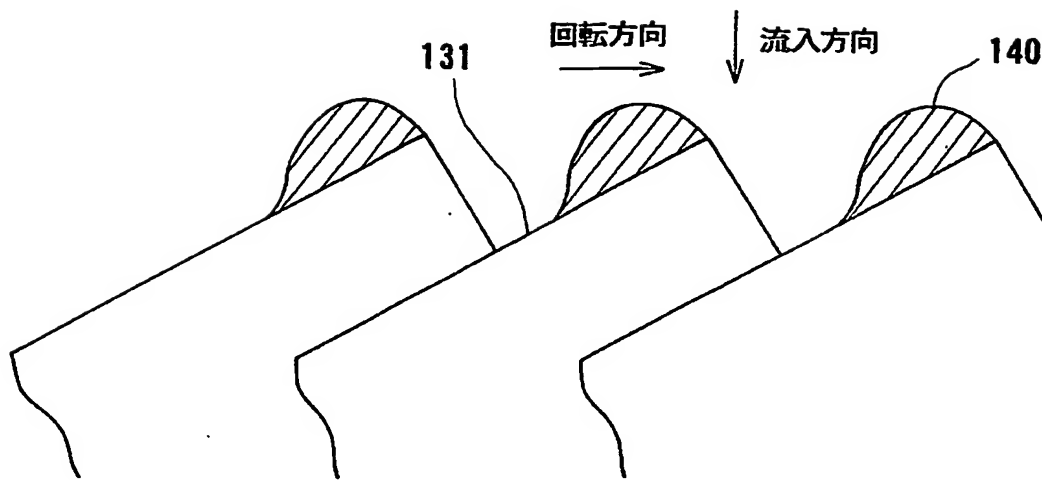


【図10】

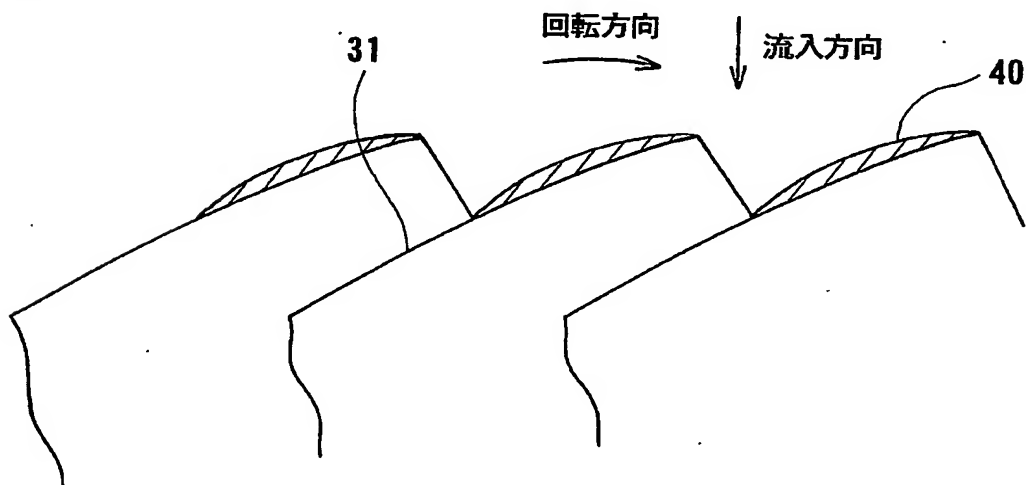


【図 11】

(a)



(b)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 要求された揚程と吸込性能とを満たしつつ、入口逆流の発生を抑えた信頼性の高いインデューサ及びインデューサ付ポンプを提供する。

【解決手段】 主羽根車 2 の上流側に配置されるインデューサ 3 において、翼前縁 3 1 におけるチップ T_1 からハブ H_1 にかけての翼角度が、設計点流量における入口流れ角と略同一となるように形成されている。主羽根車 2 を回転可能な主軸 1 に取り付け、インデューサ 3 を軸心が主羽根車 2 の軸心と一致するように主羽根車 2 の上流側に配置する。

【選択図】 図 2

特願 2002-204734

出願人履歴情報

識別番号

[000000239]

- | | |
|----------|-----------------|
| 1. 変更年月日 | 1990年 8月31日 |
| [変更理由] | 新規登録 |
| 住 所 | 東京都大田区羽田旭町11番1号 |
| 氏 名 | 株式会社荏原製作所 |
| | |
| 2. 変更年月日 | 2003年 4月23日 |
| [変更理由] | 名称変更 |
| | 住所変更 |
| 住 所 | 東京都大田区羽田旭町11番1号 |
| 氏 名 | 株式会社荏原製作所 |